



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 43 19 727 C 2

⑳ Aktenzeichen: P 43 19 727.2-24  
㉑ Anmeldetag: 15. 6. 93  
㉒ Offenlegungstag: 22. 12. 94  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 29. 8. 96

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 22 F 5/04**  
F 01 D 5/06  
F 01 D 5/00  
F 04 D 29/02  
F 01 D 5/28

DE 43 19 727 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,  
80995 München, DE

⑦2 Erfinder:

Krüger, Wolfgang, 8069 Reichertshausen, DE; Wei,  
William, Dr., 80000 München, DE

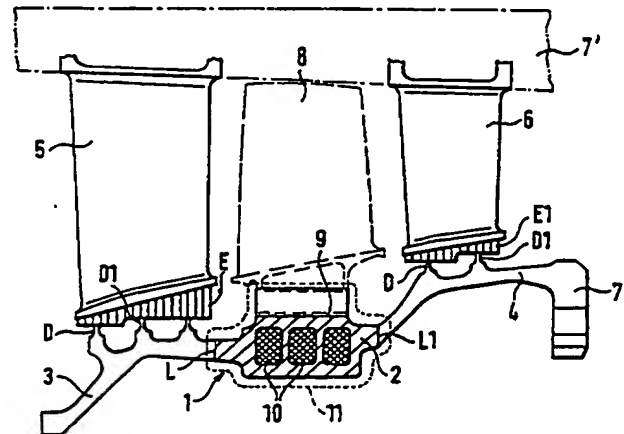
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	39 35 133 C2
DE	31 01 250 C2
DE	26 28 582 B2
DE	20 84 111 B2
DE-AS	20 27 861
DE-AS	12 85 400
DE-AS	11 74 970
DE	29 15 286 A1
DE	29 15 201 A1
DE-OS	22 35 694
US	48 67 644
US	43 63 602
EP	04 08 531 A1

⑤4 Verfahren zur Herstellung eines Schaufelringes für einen trommelartig aufgebauten Rotor, insbesondere Verdichterrotor einer Turbomaschine

⑤7 Verfahren zur Herstellung eines Schaufelringes (2) für einen trommelartig aufgebauten Rotor, insbesondere Verdichterrotor (1) einer Turbomaschine, worin in den metallischen Werkstoff des Schaufelringes (2), zur Aufnahme drehzahl- und fliehkraftbedingter Belastung, mehrere in gegenseitigem Abstand und coaxial zur Rotorachse angeordnete Faserringe (10) fest eingebunden werden, die als Fertigteile verwendet und aus fest in einen metallischen Matrixwerkstoff eingebundenen Fasern gefertigt werden, und worin:

- der Schaufelring (2) aus einem Metallpulver durch heißisostatisches Pressen (HIP) hergestellt wird, bei dem die metallischen Materialpartner aus der Fasermatrix und aus dem Metallpulver durch Oberflächendiffusion verschweißt werden,
- für das HIP eine auf die Grundform des Schaufelringes (2) abgestimmte Ringkapsel (11) verwendet wird, in der die Faserringe (10) in gegenseitigem Abstand gehalten und allseitig vom in die Ringkapsel (11) eingefüllten Metallpulver umgeben werden,
- der durch HIP hergestellte Schaufelring-Rohling — nach Entfernung der Ringkapsel (11) — auf Sollmaß nachbearbeitet wird.



DE 43 19 727 C 2

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Schaufelringes für einen trommelartig aufgebauten Rotor, insbesondere Verdichterrotor einer Turbomaschine.

Aus der DE-PS 31 01 250 ist ein Verdichterrotor für Gasturbinentriebwerke bekannt, bei dem der trommelförmige Rotor aus teilweise in versteifender Kastenbauweise aufgebauten Ringelementen zusammengesetzt sein soll; an jeweils einander zugekehrten Endseiten sollen die Ringelemente durch Zentrierlappen aneinander abgestützt sein, die in über dem Umfang verteilte Aussparungen zwischen den Schaufelfüßen eines Laufschaufelgitters eingreifen; mit hammerkopfförmigen Füßenden sollen die Laufschaufeln radial an beiden Endseiten der Ringelemente abgestützt sein; an beiden Endseiten an die jeweiligen Füße der Laufschaufeln angrenzende Abschnitte der Ringelemente sollen als Träger sich über dem Umfang erstreckender, faserverstärkter Versteifungsringe ausgebildet sein. Bei diesem bekannten Rotorkonzept wird u. a. folgendes als nachteilhaft angesehen:

- Es liegt keine materialeitige form- und kraftschlüssige, absolut feste Faserringverankerung vor; thermische sowie Umfangs- und Radial-Kraftbeanspruchungen können insbesondere auch mit Rücksicht auf häufige instationäre Betriebszustände, also Last- und Drehzahlschwankungen, zu unerwünschten Relativbewegungen und Lockerungen der Faserringe führen;
- konstruktionsbedingte Anordnungs-Vorgabe für die Faserringe, so daß keine individuell auf die jeweils umfänglich und radial größten Ring-Massenbelastungen abgestimmte Anordnung der Faserringe möglich ist;
- bestimmte, massive und schwere Schaufelkonstruktion;
- Auswechseln einer Schaufel (Schadensfall) setzt Lösung des Ring- bzw. Trommelverbunds voraus;
- Faserring außen offen zugänglich, also der Strömung und entsprechenden Temperaturen unmittelbar ausgesetzt; sowie erosions- und partikelgefährdet;
- festigkeitsmäßig kritischer Verbund als Folge sich überlappenden, loser Stützverbindung durch schmale Zungen zwischen axialen Fußaussparungen;
- Herstellungs-Schwierigkeiten; Faserringe, die unter Aufrechterhaltung ihrer in sich geschlossenen Bauweise und Festigkeitsstruktur in Umfangsnuten eingesetzt bzw. eingeschrumpft werden müssen.

Ein bekanntes Verfahren gemäß US-PS 48 67644 setzt voraus, daß zwei quer zur Rotorachse geteilte Hälften einer Radscheibe für sich und mit gegenseitigen Halbaussparungen vorgefertigt werden; erst nach dem axialen Zusammenfügen beider Hälften entsteht eine in sich geschlossene Ringkammer, die den zuvor eingefügten Faserring aufnimmt. Nach erfolgter axialer Zusammenfügung der beiden Scheibenhälften erfolgt eine außenrandseitige, fluiddichte Verschweißung im Sinne einer Vorförderung; anschließend daran soll die so vorgefertigte Radscheibe durch heißisostatisches Pressen (HIP) längs der Trennlinie und über die Innenwandung der Ringkammer mit dem Faserring "metallurgisch" verbun-

den werden. Daran sollen sich mechanische Nachbearbeitungen in Abstimmung auf das fertige Produkt anschließen. Der eigenständig vorgefertigte Faserring weist in Umfangsrichtung sich erstreckende, in eine Metallmatrix fest eingebundene Keramikfasern auf; im Rahmen einzelner aufeinanderfolgender Verfahrensschritte schließt die Faserringfertigung u. a. eine erste HIP-Phase (Titanfolien- und Faser-Laminat-Verbund) und eine zweite HIP-Phase ein, in der das von einem Behälter umschlossene Rohteil abschließend verdichtet und verfestigt wird.

Der bekannte Fall setzt eine hochpräzise Vorfertigung der beiden Scheibenhälften mit den Aussparungen, wie aber auch des Faserrings selbst, voraus, wenn Ungenauigkeiten bzw. "Materialeinschlüsse" und Defekte beim metallurgischen Verbinden bzw. Zusammensintern verhindert werden sollen. Auch stellt eine derartige künstlich verbundene Trennstelle zwischen vormaligen beiden Scheibenhälften stets ein Scheibefestigkeitsrisiko dar. Zieht man die Anordnung von mehreren in axialer Richtung mit Abstand aufeinanderfolgenden Faserringen in Betracht, so würde dies im Verfahrenssinne der US-PS zu einer mehrfachen Anzahl von quer zur Rotorachse verlaufenden Trennebenen und längs derselben zu verbindenden Radbauteilen führen. Das genannte Festigkeitsrisiko und der Fertigungsaufwand würden bei einer derartigen Bauweise um ein Vielfaches erhöht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem für einen trommelförmigen Rotor auf verhältnismäßig einfache Weise ein gewichtlich leichter Schaufelring unter örtlich gezielter Beherrschung auftretender Umfangs- und Radialbelastungen unter Anwendung mehrerer Faserringe derart geschaffen werden kann, daß keine fluidische (Hochdruck/Heißgas) oder mechanische Beeinträchtigung der Faserringe auftritt.

Die gestellte Aufgabe ist mit Patentanspruch 1 erfindungsgemäß gelöst.

Ohne an eine gewichtlich schwere und herstellungsmäßig teure Radscheiben-Konstruktion gebunden zu sein, kann so eine vergleichsweise gewichtlich leichte Rotor-Konstruktion in Trommelbauweise geschaffen werden, bei der die Schaufelringe untereinander bzw. mittels Zwischenringen bzw. örtlich mittels zu "Wellenstummeln" auslaufenden Ringelementen verschweißt werden können, z. B. durch Reib- oder Elektronenstrahl-(EB)-Schweißung. Dabei sind die Schaufelringe im Rahmen der auftretenden Drehzahl- und Fliehkraftbeanspruchungen (Umfangs- und Radialkraftbeanspruchung) örtlich gezielt durch die Faserringe verstärkt, die mit ihren Fasern zur Hauptsache in einer sich über den Umfang erstreckenden Richtung angeordnet sind. Als bereits vorgefertigte "Halbzeuge" vorliegend, sind die Faserringe im Rahmen des Herstellungsprozesses absolut fest und betriebsstabil nach dem heißisostatischen Press-Prozeß (HIP) in den metallischen Werkstoff des Schaufelringes eingebunden. Im Wege der beim HIP verwendeten Drücke und Temperaturen können die Faserringe im Wege ihrer Metallmatrix mit dem zum HIP pulverförmig z. B. einer Metall-Kapsel zugeführten metallischen Werkstoff eines Schaufelringes durch Oberflächendiffusion (Diffusions-Schweißung) fest verbunden werden. Der Schaufelring-Rohling, der nach dem HIP noch gegenüber dem Sollmaß ein Übermaß aufweist, kann so spanabhebend, z. B. durch Drehen und/oder Schleifen auf sein Fertigmaß nachbearbeitet werden, ohne daß eine Beschädigung der Faserringe auf-

tritt.

Im Rahmen der Erfindung ist einen ringintegrale "Vor-Schaufelfertigung" möglich; es ist ferner z. B. eine äußere oberflächenseitige und ringintegrale Fuß-Stummel-Vorfertigung von über dem Umfang sich erstreckenden Vertiefungen möglich, die in entsprechender Nachbearbeitung Axialnuten für die für nachträglich zu montierender Laufschaufeln ausbilden sollen. Bei auf Sollmaß fertig bearbeiteter Ringoberfläche bzw. Fertig bearbeiteten Fußstummeln können die Schaufelprofile bzw. Schaufeln durch Schweißung, z. B. lineare Reibschweißung, mit der betreffenden Ringoberfläche bzw. den Fußstummeln fest verbunden werden.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, daß die Faserringe dem Prozeß-Fluid (Kompressorluft, Gas, Heißgas) nicht unmittelbar ausgesetzt sind, so daß sie keiner unmittelbaren fluidischen Temperaturbeeinflussung bzw. keiner chemischen Beeinflussung (Korrosion) bzw. keiner Abrasion (durch Partikel im Fluid) ausgesetzt sind.

Insbesondere im Rahmen der durch das heißisostatische Pressen möglichen Diffusionsverbindung sollen für den Metallpulverwerkstoff des Schaufelringes einerseits sowie andererseits für die metallische Matrix der Faserringe bzw. für die äußere metallische Faserkernbeschichtung die jeweils gleichen metallischen Werkstoffe bzw. zumindest jeweils chemisch-physikalisch gleichartige Werkstoffpaarungen vorgesehen werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung nach Anspruch 1 ergeben sich aus den Merkmalen der Patentansprüche 2 bis 12.

Anhand der Zeichnungen ist die Erfindung beispielsweise weiter erläutert; es zeigen:

Fig. 1 den erfindungsgemäß hergestellten Schaufelring an einem Rotortrommelabschnitt eines Axialverdichters mit Zwischenringen als Dichtringen sowie mit Leit- und Laufschaufeln im Verdichterkanal, hier als achsparallele Schnittdarstellung und in erster Ausführung und Ausbildung des Schaufelringes mit Axialnuten für lösbare Laufschaufeln,

Fig. 2 einen weiteren erfindungsgemäß hergestellten Schaufelring in Ansicht und grundsätzlicher Ausbildung des Rotortrommelabschnitts gemäß Fig. 1, hier jedoch mit in verschiedenen coaxialen Ringebenen zueinander versetzter Anordnung der Faserringe sowie mit einer Schweißverbindung der Laufschaufeln, fußseitig an vorgefertigten Sockeln des Schaufelringes,

Fig. 3 eine für das Herstellverfahren praktikable erste Faserringhalterung an einer hermetisch abdichtbaren Ringkapsel für den HIP-Prozeß, die teilweise abgebrochen und durch einen kompletten Ringquerschnitt verdeutlicht ist,

Fig. 4 eine für das Herstellverfahren praktikable zweite Faserringhalterung in Ansicht und Schnittdarstellung der Ringkapsel gemäß Fig. 3,

Fig. 5 ein lediglich einzelner Schaufelring in entsprechender Schnittdarstellung und Zuordnung zum trommelförmigen Rotorabschnitt nach Fig. 1 und 2 zu verstehen, und unter Verdeutlichung einer mit dem Schaufelring werkstoffintegralen Vorfertigung der Laufschaufeln und

Fig. 6 einen achsparallel geschnitten dargestellten Schaufelringabschnitt unter Zuordnung eines von mehreren Faserringen, hier mit äußeren schichtartig aufgetragener metallischer Ummantelung eines Faserkerns.

An einem trommelförmigen Rotorabschnitt 1 für einen Axialverdichter eines Gasturbinenriebwerks ist mit 2 ein erfindungsgemäß hergestellter Schaufelring

bezeichnet, der nach Fertigstellung an seinen äußeren Umfangskanten gemäß Linien L, L1 mit entsprechenden Umfangskanten von Zwischenringen 3, 4 verschweißt worden ist; mit radial vorstehenden, sich über dem Umfang erstreckenden Dichtlippen D, D1 bilden die Zwischenringe 3, 4 gegenüber am radial inneren Ende der jeweiligen Leitschaufeln 5, 6 angeordneten, örtlich abgestuften Einlaufbelägen E, E1 Labyrinth-Dichtungen aus; der Zwischenring 4 weist auf der rechten Seite einen Flansch 7 auf, mit dem er z. B. mit einem weiteren Verdichterrotorabschnitt oder mit der den Verdichter antreibenden Turbinenwelle verschraubt werden kann; die Leitschaufeln 5, 6 sind radial außen fußseitig am Verdichtergehäuse 7' fest verankert; der fertige Schaufelring 2 ist mit lösbaren Laufschaufeln 8 bestückt, die radial innen, mit ihren Füßen, z. B. schwalbenschwanzartigen Füßen, in entsprechend ausgeformten, über dem äußeren Umfang des Schaufelringes 2 verteilten Axialnuten 9 gehalten sind.

Der Schaufelring 2 weist mit ihren Mitten in einer gemeinsamen Ringebene jeweils koaxial zur Verdichterrachse in den metallischen Werkstoff für den Schaufelring fest eingebundene Faserringe 10 auf, mit denen der Schaufelring 2 hauptsächlich im Hinblick auf Umfangs- und Radialkräfte verstärkt wird; die Faserringe 10 weisen in eine Metallmatrix eingebettete Fasern auf, wobei die Überkreuz-Schraffur einzelne Faserlagen in der Matrix verdeutlichen soll mit hauptsächlich in Ringumfangsrichtung vorliegender Faserorientierung. Der Schaufelring 2 wird durch heißisostatisches Pressen (HIP) hergestellt, wobei in eine vorgegebene Ringkapsel 11 (s.h. auch Fig. 3 und 4) eingegebenes Metallpulver eine feste und formschlüssige Verbindung mit dem metallischen Matrixwerkstoff der Fasern, insbesondere durch Oberflächendiffusion, bereitstellt.

Für das Verfahren wird davon ausgegangen, daß die Faserringe 10 als für den Fertigungsprozeß fertige "Halbzeuge" vorliegen.

Im Hinblick auf Fig. 1 ist die Ringkapsel 11 so dimensioniert und vorgeformt, daß gleichzeitig beim HIP-Prozeß die Axialnuten 9 unter Belassung von Scheibenhöckern grob mit vorgefertigt werden; ferner erkennt man aus Fig. 1, daß die gesamte Ringkapsel eine gegenüber dem gezeichneten fertigen Schaufelring 2 volumenmäßig größere und gröber strukturierte Formgebung aufweist, bedingt durch beim HIP auftretenden Materialschwind (Pressung) sowie etwaige Formschwankungen, die mit anderen Worten ein gewisses Obermaß des fertigen Ring-Rohlings erzwingen, bevor dieser auf die notwendigen und gezeichneten Dimensionen spanabhebend nachbearbeitet wird.

Unter Verwendung gleicher Bezugszeichen für gleiche oder im wesentlichen gleiche Bauteile und Funktionen nach Fig. 1 verkörpert Fig. 2 eine gemäß dem Verfahren hergestellte fertige Variante des Laufschaufelringes 2' mit relativ zur Verdichterlängsachse gleichförmigem Schrägverlauf der Innen- und Außenwand, wobei im Wege der Herstellung durch das HIP die jeweiligen Faserringe 10' in relativ zur Verdichterlängsachse abgestuften Ringebenen zueinander versetzt und fest in den metallischen Werkstoff des Schaufelringes 2' eingebunden sind. Dabei ist die verwendete Ringkapsel 11' dem Schrägverlauf des fertigen Schaufelringes 2' gemäß vorkonturiert sowie im radial äußeren Umfangsbereich so vorgeformt, daß über dem Umfang gleichmäßig verteilte axiale Fußstümpfe 12 bei der Ringherstellung grob mitgefertigt werden, die später auf das notwendige Endmaß sowie die notwendige Profilkontur abgearbeitet

werden, so daß fertige Laufschaufeln 8 mit ihrer fußseitigen Profildkontur bündig mit den fertigen Fußstümpfen 12 entlang der Linie L2 verschweißt werden können.

Auf das Trommelrotorkonzept nach Fig. 1 oder 2 anwendbar, verkörpert Fig. 5 eine Abwandlung eines erfindungsgemäß hergestellten und fertigen Schaufelringes 2'' — mit Anordnung der Faserringe 10 nach Fig. 1 — wonach die Laufschaufeln 8 hier integral gefertigte Bestandteile des Schaufelringes 2'' sind. Hierzu kann die zu verwendende Ringkapsel 11'' unter gleichzeitiger Vorfertigung eines sich an der Außenseite des Ringes über dem Umfang anschließenden Profilabschnitts (Kapselkontur K) vergrößert vorgeformt sein; dieser Profilabschnitt kann nach dem HIP-Prozeß zu einzelnen über dem äußeren Ringumfang R verteilten Laufschaufeln 8 (wie dargestellt) in ein oder mehreren Schritten nachbearbeitet werden.

Fig. 6 veranschaulicht die Verwendung eines von mehreren Faserringen 10'', der beim HIP-Prozeß für die Herstellung des Schaufelringes 2 (Fig. 1) bzw. 2' (Fig. 2) bzw. 2'' (Fig. 5) verwendbar ist und der aus einem Kern 13 mit sich in Umfangsrichtung des Schaufel- bzw. Faserringes erstreckenden und in eine Metallmatrix fest eingebundenen Fasern 14 gefertigt wird; dabei soll der Kern 13 gänzlich mit mindestens einer fest haftenden metallischen Oberflächenschicht 15 versehen werden; diese Oberflächenschicht 15 kann bei der Schaufelringfertigung durch heißisostatisches Pressen (HIP) mit dem metallischen Werkstoff für den Schaufelring diffusionsverbunden werden. Bei der Herstellung der Faserringe können die Fasern 14 zunächst einzeln metallisch beschichtet werden; die einzelnen Metallschichten der Fasern 14 können durch einen folgenden HIP-Prozeß zu einer gemeinsamen Fasermatrix diffusionsverschweißt werden.

In Kombination mit einem zu fertigenden Schaufelring, z. B. 2 nach Fig. 1, ist eine vorteilhafte Verfahrensdurchführung wie folgt charakterisierbar:

- Anordnung der durch Fasern verstärkten Ringe 10 in der Ringkapsel 11 unter gegenüber dieser und gegenseitiger pulverdurchlässiger und elastischer Beabstandung,
- Befüllung der Ringkapsel 11 einschließlich der zwischen den Ringen 10 belassenen Zwischenräume mittels des Metallpulvers, — Füllrichtung F über Rohrleitungen 16 (Fig. 3 und 4),
- Hermetischer Verschuß von Pulvereinfüllöffnungen der Ringkapsel, z. B. durch Quetschung der Rohrquerschnitte,
- Durchführung des HIP-Vorgangs über die Ringkapsel 11, wobei die Ringe 10 in den metallischen Werkstoff des Schaufelringes fest eingebunden werden,
- Entfernung der Ringkapsel 11,
- spanabhebende Endbearbeitung des Schaufelring-Rohlings.

Zur Durchführung des Verfahrens vorgesehene Abstandhalterungsmittel für die Faserringe 10, mit denen diese vor Pulverbefüllung F betriebssicher bzw. unverrückbar in der Kapsel 11 im erforderlichen gegenseitigen Abstand sowie im Abstand zur Kapselinnenwandung verankert werden können, gehen aus Fig. 3 und 4 hervor.

Es handelt sich dabei um pulverdurchlässige, elastische membranartige Weillkörper W1, W2, W3, die aus

Feindrähten maschenartig aufgebaut sind, um eine allseitig gleichförmige Verteilung des Metallpulvers zu gewährleisten, trotz angestrebter Stützwirkung und Halterungen der Faserringe 10 in der Kapsel 11.

Fig. 4 verkörpert im Gegensatz zu Fig. 3 eine etwas formstereilere Halterung und Abstützung der Faserringe 10 in der Kapsel 11, indem grundsätzlich die Weillkörper W4, W5, W6 jeweils eine größere Anzahl aufeinander folgender Wellungen aufweisen. Wie ferner aus Fig. 3 und 4 ersichtlich ist, weist die Kapsel 11 jeweils ein lösbares Teil T auf, daß entlang gegenseitiger ringumfänglicher Stoßkanten D, D1 erst dann auf den volumemäßig größeren Restteil der Kapsel 11 dicht aufgesetzt wird, wenn die Faserringe 10 bereits unter Beabstandung eingesetzt worden sind. Mit dem Aufsetzen des lösbaren Teils T erfolgt gleichzeitig die relative gegenseitige elastische Festlegung der Faserringe 10.

Der heißisostatische Pressen (HIP) erfolgt bei angepaßter Temperaturbehandlung in einem Ofen, wobei die betreffende Kapsel, z. B. 11, einem angepaßten und allseitig gleichförmigem Druck ausgesetzt wird. Unter Verwendung von Titan bzw. einer Titanbasislegierung als Metallpulver kann der HIP-Prozeß bei einer Temperatur von etwa 950°C bis 1000°C und bei einem Druck zwischen 100 und 200 MPa durchgeführt werden.

Z. B. für einen Verdichterrotor kann sowohl das für die Herstellung des Schaufelringes verwendete Pulvermaterial als auch der Matrixwerkstoff für die Fasern der Faserringe aus einer Titan-Basis-Legierung oder aus einer Titan-Basis-Legierung unter Einschluß intermetallischer Phasen (z. B. TiAl, Ti<sub>3</sub>Al) bestehen. Bei einer Titan-Basislegierung können die Fasern z. B. aus B, B<sub>4</sub>C oder SiC gefertigt sein; bei einer Titan-Basis-Legierung unter Einschluß intermetallischer Phasen können die Fasern aus SiC oder A<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gefertigt sein.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Schaufelringes (2) für einen trommelartig aufgebauten Rotor, insbesondere Verdichterrotor (1) einer Turbomaschine, worin in den metallischen Werkstoff des Schaufelringes (2), zur Aufnahme drehzahl- und fliehkraftbedingter Belastung, mehrere in gegenseitigem Abstand und koaxial zur Rotorachse angeordnete Faserringe (10) fest eingebunden werden, die als Fertigteile verwendet und aus fest in einen metallischen Matrixwerkstoff eingebundenen Fasern gefertigt werden, und worin:

— der Schaufelring (2) aus einem Metallpulver durch heißisostatisches Pressen (HIP) hergestellt wird, bei dem die metallischen Materialpartner aus der Fasermatrix und aus dem Metallpulver durch Oberflächendiffusion verschweißt werden,

— für das HIP eine auf die Grundform des Schaufelringes (2) abgestimmte Ringkapsel (11) verwendet wird, in der die Faserringe (10) in gegenseitigem Abstand gehalten und allseitig vom in die Ringkapsel (11) eingefüllten Metallpulver umgeben werden,

— der durch HIP hergestellte Schaufelring-Rohling — nach Entfernung der Ringkapsel (11) — auf Sollmaß nachbearbeitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Pulvereinfüllöffnungen der Ringkapsel (11), vor Durchführung des HIP-Vorgangs hermetisch verschlossen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringkapsel (11') in Ausbildung beim HIP grob vorzufertigender Axialnuten (9) oder einer Umfangsnut vorgeformt wird, die im Wege nach dem HIP erfolgreicher Nachbearbeitung des Schaufelring-Rohlings auf die tatsächlich benötigten Formen und Abmessungen der Schaufelfüße fertig bearbeitet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringkapsel (11') in Ausbildung einer beim HIP vorzufertigenden gemeinsamen äußeren Ringfläche oder mehrerer gleichmäßig über dem Umfang verteilter axialer Fußstümpfe (12) des Schaufelringes (2') vorgeformt wird, wobei die äußere Ringfläche oder die Fußstümpfe (12) nach dem HIP fertig bearbeitet und danach Laufschaufeln (8) mit der Ringfläche oder den Stümpfen durch lineare Reibschweißung verbunden werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringkapsel (11'') unter Ausbildung eines sich an den Schaufelring (2'') gemeinsam auf einer Seite über dem Umfang anschließenden Profilabschnitts vergrößert vorgeformt ist, der nach dem HIP zu einzelnen, gleichförmig über dem Umfang verteilten Laufschaufeln (8) in ein oder mehreren Schritten nachbearbeitet wird.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die in eine Metallmatrix eingebetteten Fasern der Faserringe (10, 10', 10'') in einer sich über dem Schaufelringumfang erstreckenden Richtung angeordnet werden.

7. Verfahren nach Anspruchs dadurch gekennzeichnet, daß für die Oberflächendiffusion beim HIP-Prozeß gleiche oder gleichartige metallische Werkstoffe für die Matrix der Faserringe und für das Pulvermaterial des Schaufelringes verwendet werden.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die Herstellung des Schaufelringes (2, 2', 2'') Faserringe (10, 10', 10'') verwendet werden, deren Fasern zunächst metallisch beschichtet werden und daß dann durch einen HIP-Prozeß die einzelnen Metallbeschichtungen der Fasern zu einer gemeinsamen Fasermatrix diffusionsverschweißt werden.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Herstellung des Schaufelringes (2, 2', 2'') verwendeten Faserringe (10'') aus einem Kern (13) mit sich in Umfangsrichtung des Schaufelringes erstreckenden und in eine Metallmatrix fest eingebundenen Fasern (14) gefertigt wird und daß dieser Kern (13) gänzlich mit einer festhaftenden metallischen Oberflächenschicht (15) versehen wird, die beim für die Schaufelringfertigung verantwortlichen HIP-Prozeß mit dem Pulvermaterial des Schaufelringes diffusionsverschweißt wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserringe mit ihren jeweiligen Ringmitten in einer drehachskonzentrischen Ringebene größter Umfangs- und Radialbelastung in den Schaufelring drehfest eingebunden werden.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß für das Pulvermaterial des Schaufelringes und für die Metallmatrix der Faserringe eine Titan-Basislegie-

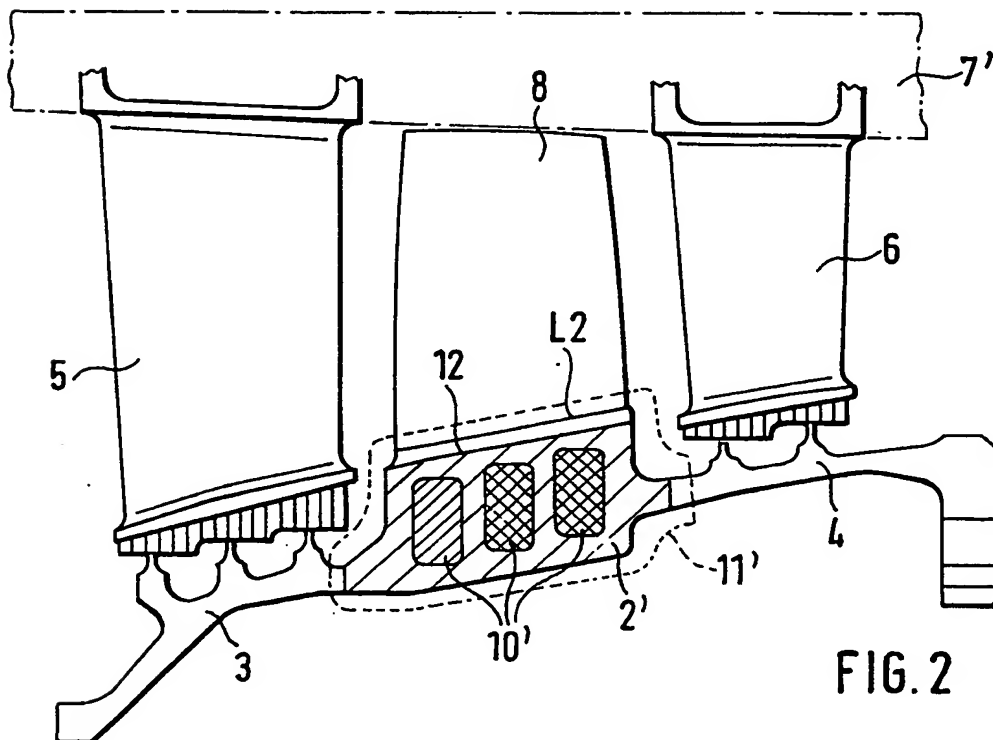
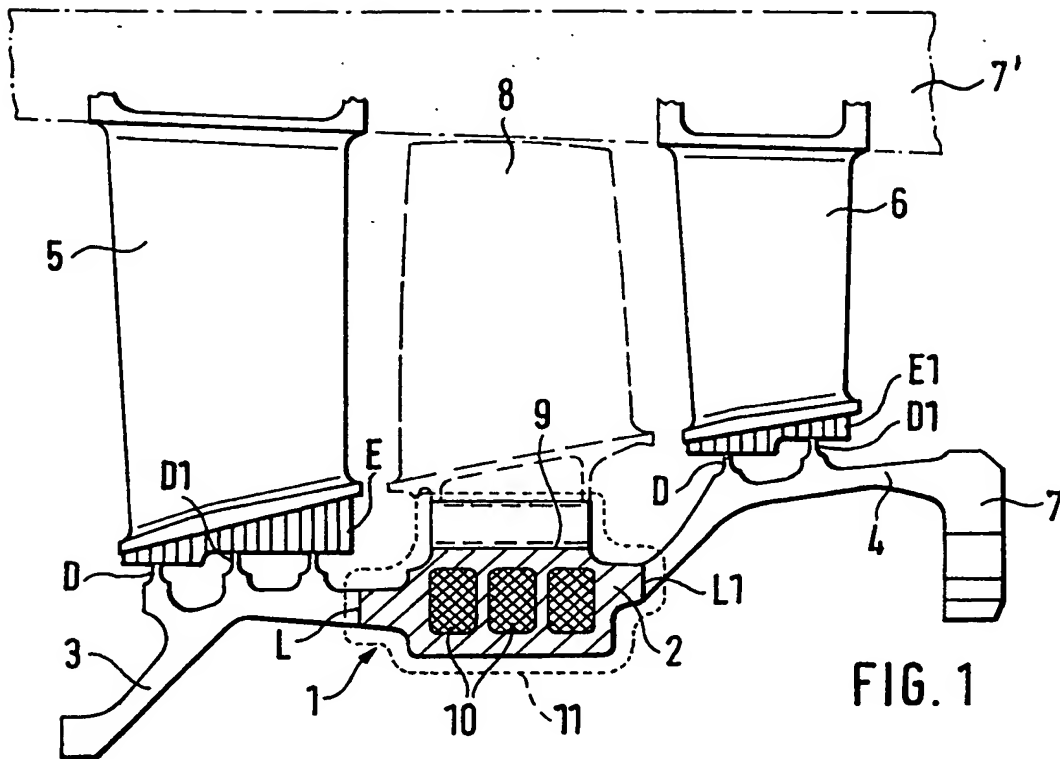
rung, insbesondere unter Einschluß intermetallischer Phasen verwendet wird.

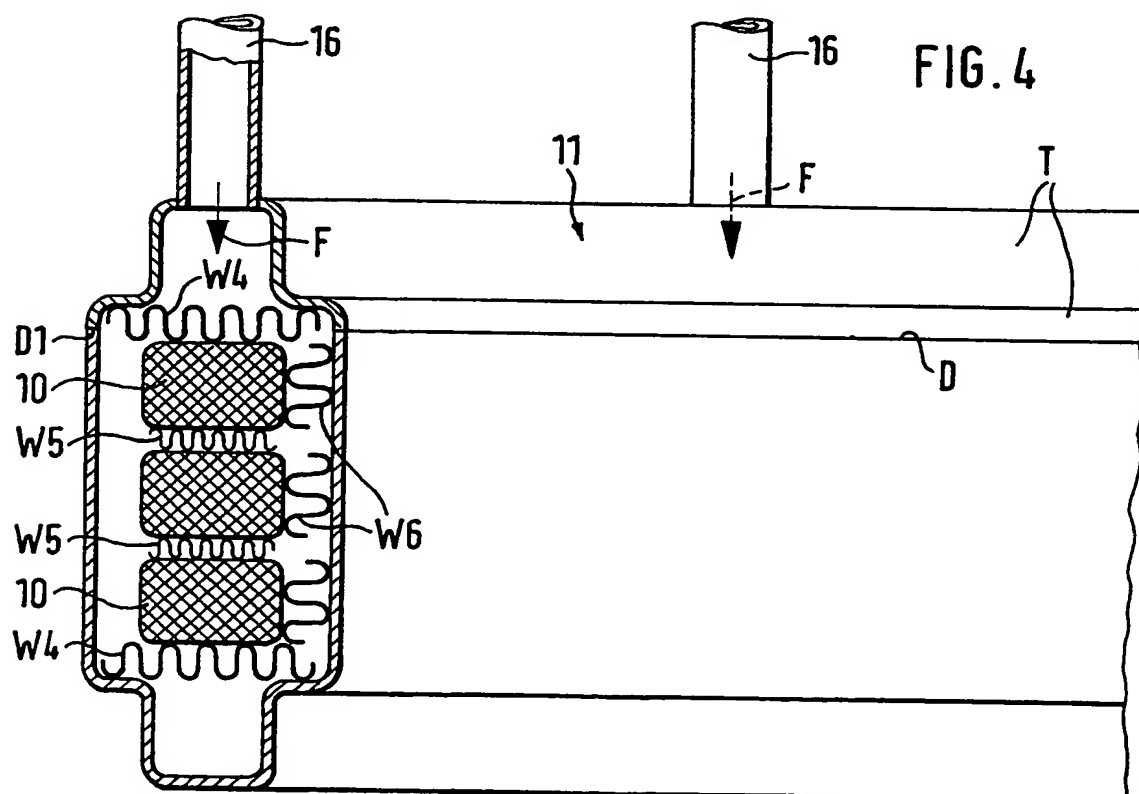
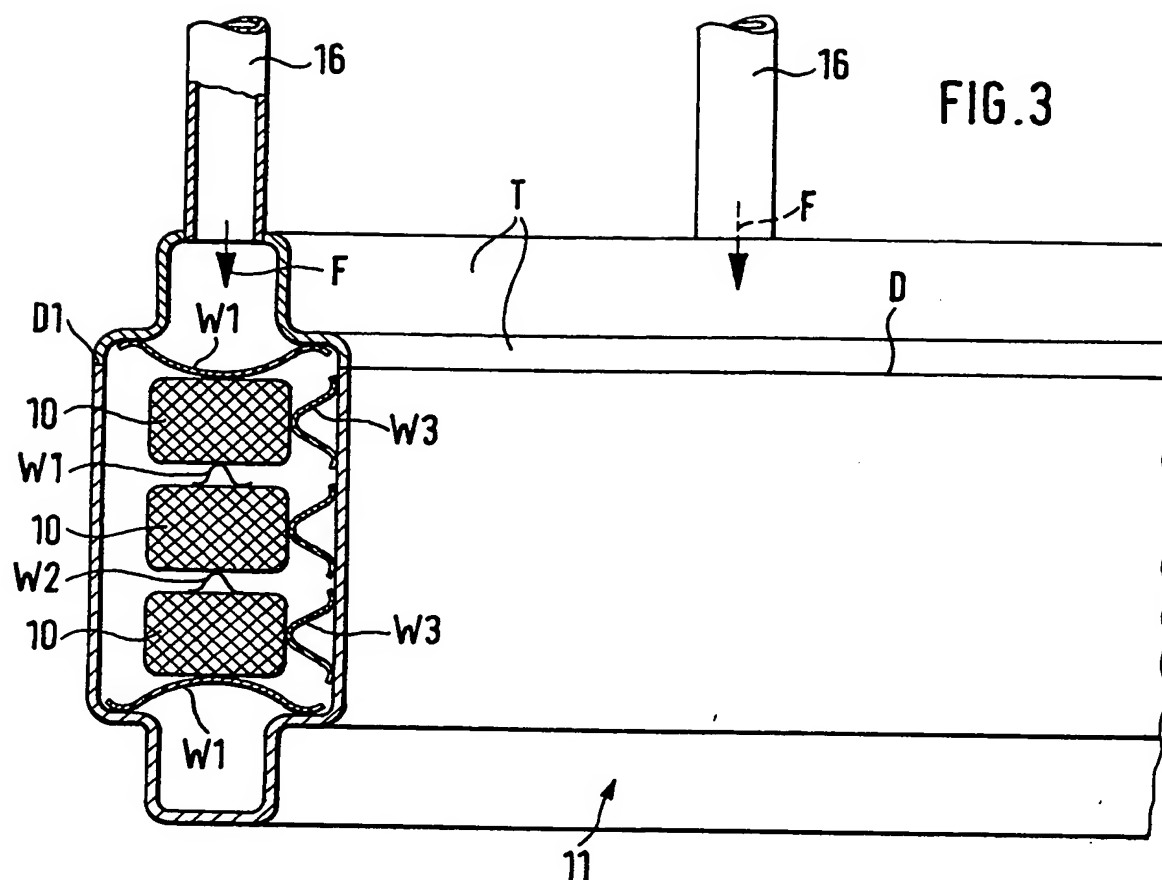
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere derartig hergestellte Schaufelringe (2, 2', 2'') unmittelbar oder unter Verwendung von Zwischen- oder Dichtringen (3, 4) zu einer Rotortrommel miteinander verschweißt werden.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---





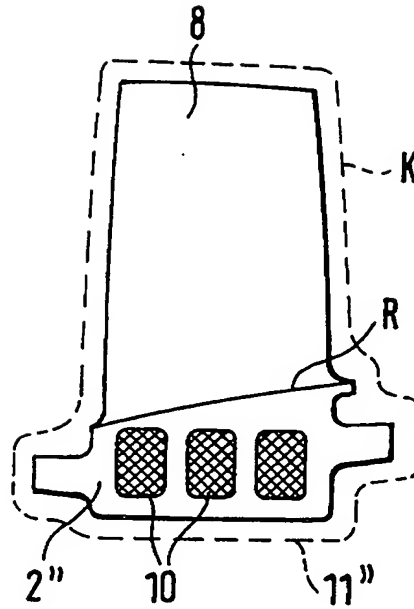


FIG. 5

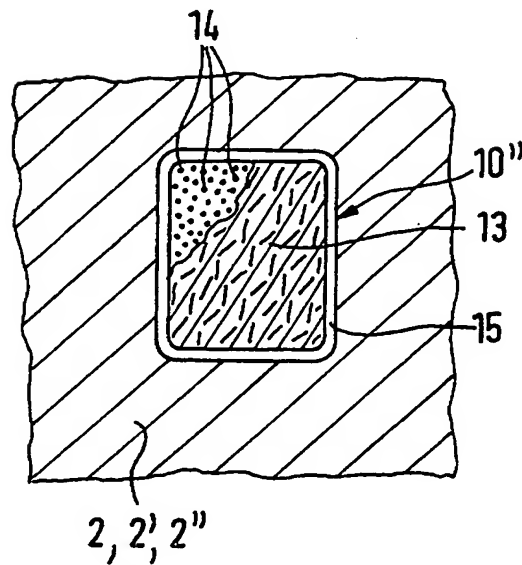


FIG. 6